

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma / elektroniikka

Aki Lankinen

VALAISINOHJAIMEN MUUNTAMINEN LANGATTOMAKSI

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma / elektroniikka

LANKINEN, AKI

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Joulukuu 2010

Avainsanat

Valaisinohjaimen muuntaminen langattomaksi

26 sivua

Yliopettaja Esa Pulkkanen

SofelTech Oy

liikkeentunnistus, kiinteistöautomaatio, elektroniikkalaitteet, mikro-ohjaimet, langaton tiedonsiirto, energiankeräimet

Toimeksiantajalla oli tarve hyödyntää langattomuutta laitteissaan niiden asennuksen ja asennuksen muunneltavuuden helpottamiseksi. Työssä tuli selvittää toimenpiteet liikkeentunnistukseen perustuvan valaisinohjaimen muuntamiseksi täysin langattomaksi. Erilaisia langattomia järjestelmiä vertailemalla tuli löytää soveltuvin vaihtoehto ottaen huomioon toimeksiantajan tarpeet ja resurssien rajoitteet. Laitteen toimintalohkojen toteutuksessa huomioitavia seikkoja tuli selvittää ja esittää lohkojen toteutusehdotukset. Laitteesta tuli valmistaa toimiva testikytkentä jatkokehitystä varten.

Erilaisia järjestelmiä etsittiin alan kirjallisuudesta ja Internetistä sekä tiedusteltiin komponenttijakelijoilta. Toimintalohkojen toteutusehdotukset selvitettiin etsimällä soveltuvia komponentteja Internetistä ja esitteistä sekä simuloimalla kytkentöjä.

Langattomaksi järjestelmäksi valittiin Z-Wave. Valaisinohjaimen liiketunnistin- ja ohjausyksikön toteutusehdotukset painottuivat liiketunnistinyksikön virrankulutuksen vähentämiseen. Kokonaisuudesta ei ajan puutteen vuoksi tehty testikytkentää. Keskeiset toimintalohkot kuitenkin todettiin testeillä toimiviksi.

Tehty selvitystyö antoi viitteet sille, että myös pienillä resursseilla toimivat elektroniikkavalmistajat pystyivät suunnittelemaan ja tuomaan markkinoille kiinteistöautomaation langattomia laitteita. Toteuttaakseen tämän tuli niiden käyttää tietynlaisen langattoman järjestelmän moduuleita ja perehtyä syvällisesti laitteiden virrankulutukseen.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Electronics

LANKINEN, AKI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

December 2010

Keywords

Luminaire controller and wireless communication

26 pages

Esa Pulkkanen, Principal Lecturer

SofelTech Oy

motion detection, building automation, electronic devices, micro controllers, wireless data transmission, energy harvesting

The commissioner of this thesis had a need for a wireless communication system that could be used in their products. The aim was to facilitate the installation of the products and improve the modifiability of the installation.

The purpose of this research was to determine the operations to modify luminaire controller to use wireless connection. The most applicable wireless system had to be selected taking into account the needs and the resources of the commissioner. Implementation proposals for the functional blocks needed to be represented and functional test device had to be built.

Different systems were searched on the literature of the branch and from the Internet, as well as inquired of component distributors. The implementation proposals for the functional blocks were determined by searching applicable components from the Internet and brochures as well as by simulating different connections.

Z-Wave was selected to be used in the wireless luminaire controller. The implementation proposals for the functional blocks were focused on current consumption reduction. The test device was not built in its totality because of the lack of time. The essential functional blocks were verified to be functional by tests.

The results of this study proposed that also companies with minor resources are able to design and launch on the market wireless building automation devices. This could be attained by using certain wireless system modules and researching a current consumption of devices.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 Työn tavoitteet ja raja.....	7
2 TYÖN VAATIMUKSET.....	8
2.1 Valaisinhjain TED-07.....	8
2.1.1 Toiminta.....	8
2.1.2 Rakenne.....	9
2.2 Toimeksiantajan asettamat vaatimukset.....	9
2.3 Langattomuuden asettamat vaatimukset.....	10
2.4 Valaisinhjaimen asettamat vaatimukset.....	10
2.5 Johtopäätökset vaatimuksista.....	10
2.5.1 RF-moduulit.....	10
2.5.2 Yksiköiden toimintatavat.....	11
2.5.3 Käyttöjännitelähde ja virrankulutus.....	12
3 LANGATTOMAT JÄRJESTELMÄT.....	12
3.1 Langattomat standardit.....	12
3.2 Tärkeimmät valintakriteerit.....	13
3.2.1 Yhteyden verkkorakenne.....	13
3.2.2 Kantomatk, latenssi ja tiedonsiirtokapasiteetti.....	14
3.2.3 Muut kriteerit ja johtopäätökset.....	15
4 LANGATON VALAISINOHJAIN.....	16
4.1 Lohkokaavio.....	16
4.2 Toiminta-ajan optimointi.....	18
4.2.1 Vähävirtaiset komponentit.....	19

4.2.2 Käyttöjännitteen alentaminen.....	20
4.2.3 Lepotilat.....	21
4.3 Muuta huomioon otettavaa.....	21
5 TESTIKYTKENTÄ.....	22
5.1 Liikeanturin esikäsittelykytkentä.....	22
5.2 Z-Wave kokeilualusta.....	22
6 YHTEENVETO.....	23
6.1 Tavoitteiden saavuttaminen.....	23
6.2 Havaittuja puutteita.....	23
7 PÄÄTELMÄT.....	24
LÄHTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

A/D-muunnin	Analogi-digitaalimuunnin, joka muuntaa analogisen jatkuvan signaalin digitaalisiksi näytteiksi
API	Application Program Interface – sovellusliittymä
LED	Light-Emitting Diode – valodiodi
NTC-vastus	Negative Temperature Coefficient – vastus, jonka resistanssiarvo pienenee lämpötilan kasvaessa
PWM	Pulse Width Modulation – pulssileveysmodulaatio
RS-232-liitäntä	standardoitu (EIA-RS-232) sarjaliitäntä oheislaitteiden liittämiseksi mikrotietokoneeseen
RAM-muisti	Random Access Memory – työmuisti, jonka sisältö häviää sen käyttöjännitteen kytkeytyessä pois
UART	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter – yleiskäyttöinen asynkroninen sarjaliikenneväyläohjain, joka muuntaa rinnan olevan digitaalisen tiedon sarjamuotoon

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kuluttajien tietoisuus energiankulutuksen vähentämistarpeesta on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi. Kuitenkaan oman asunnon sähkönkulutuksen vähentämiseen tarkoitettujen toimenpiteiden vaikutusten seuraaminen ei ole ollut kovinkaan helppoa. Yksi parannus tähän on tulossa etäluettavien sähkömittareiden yleistyessä (1); asukas saa tietoonsa sähkönkulutuksen jokaiselta tunnilta entisen kuukauden, kahden kuukauden tai jopa vuoden sijasta (2). Tämän myötä ihmisten halu kokeilla energiankulutuksen eri vähennyskeinoja mahdollisesti lisääntyy.

Valaistuksen osuus sähkönkulutuksesta on merkittävä: vuonna 2007 se on ollut kotitalouksilla 11 % ja yrityksillä 14 % (3: 23). Energiatehokkaiden valaisimien lisäksi yksi merkittävä keino valaistuksen sähkönkulutuksen vähentämiseen on niiden älykäs ohjaaminen (3: 3). Tähän tarpeeseen toimeksiantajalla oli olemassa liiketunnistukseen perustuva valaisinohjain, joka mahdollistaa automaattisen himmennuksen liiketietojen perusteella.

Pelkkä teknisesti edistysellinen ohjaustapa ei kuitenkaan yksin riitä. Ohjausjärjestelmien tulee kokonaisuudessaan olla yhä helppokäyttöisempiä, asennusystävällisempiä ja kustannustehokkaampia sekä helposti muunneltavissa, laajennettavissa ja liitettävissä toisiin järjestelmiin. Etenkin sähköasennusliikkeille nämä vaatimukset ovat merkityksellisiä, mutta myös kuluttajan kynnys tuotteen ostamiseen kasvaa, jos se vaatii merkittäviä muutoksia jo olemassa oleviin valaistusjärjestelmiin.

Langattomat ohjausjärjestelmät tarjoavat mahdollisuuden täyttää monia näistä vaatimuksista. Johtomäärän vähentyessä asennus nopeutuu ja järjestelmän muunneltavuus helpottuu liiketunnistimien ja muiden antureiden ollessa täysin langattomia. Langattomia laitteita suunnittelevien vastuulla on kuitenkin tehdä niistä mahdollisimman helppokäyttöisiä ja kustannustehokkaita.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tavoitteena oli tutkia, miten muuntaa markkinoilla jo oleva liiketunnistukseen perustuva valaisinohjain täysin langattomaksi. Erilaisia langattomia järjestelmiä vertailemalla tuli löytää soveltuvin vaihtoehto ottaen huomioon toimeksiantajan tarpeet ja re-

surssien rajoitteet. Laitteen toimintalohkojen toteutuksessa huomioitavia seikkoja tuli selvittää ja esittää lohkojen toteutusehdotukset. Laitteesta tuli valmistaa toimiva testikytkentä jatkokehitystä varten.

Työn toimeksiantaja, SofelTech Oy, on Kotkassa toimiva vuonna 2007 perustettu elektroniikkaa suunnitteleva ja myyvä yritys, jonka tuotevalikoimaan kuuluu tällä hetkellä liiketunnistimia, valaisinohjaimia ja himmentimiä. Yritys tarjoaa myös elektroniikkasuunnittelupalveluja ja se on profiloitunut niin sanotun vihreän tekniikan suunnittelijaksi.

2 TYÖN VAATIMUKSET

Tässä luvussa esitellään ensin muunnoksen tarvinneen valaisinohjaimen toiminta ja rakenne, minkä jälkeen käydään läpi toimeksiantajan asettamat vaatimukset langattomalle valaisinohjaimelle. Tämän jälkeen tarkastellaan langattomuuden vaatimia fyysisiä muutoksia valaisinohjaimelle sekä valaisinohjaimen asettamia vaatimuksia langattomalle järjestelmälle. Lopuksi esitetään johtopäätöksiä esiin tulleista vaatimuksista.

2.1 Valaisinohjain TED-07

2.1.1 Toiminta

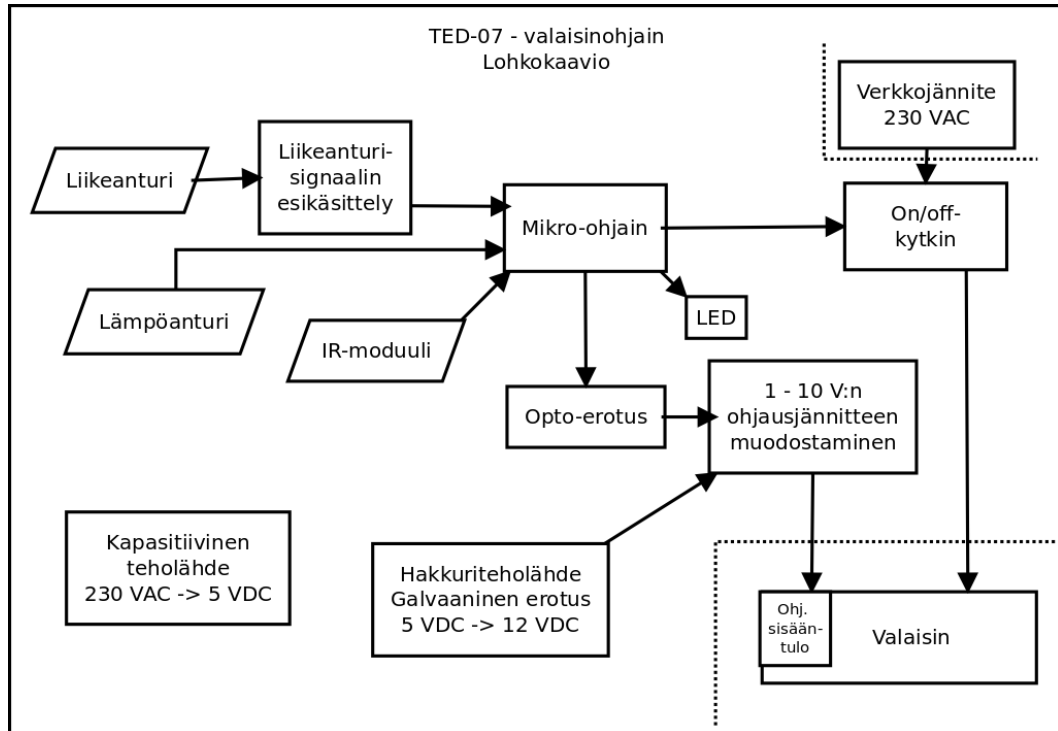
Muunnettavalla valaisinohjaimella, TED-07:llä ohjataan valaisinlaitteita, joissa on 1–10 voltin ohjaustulo himmennystä varten. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi loisteputkien elektroniset liitäntälaitteet ja erillishimmentimet.

TED-07 ohjaa valaisinlaitetta liikehavaintojen perusteella kytkemällä tälle käyttäjännitteen päälle tai pois ja säätämällä ohjausjännitettä. Havaittaessa liikettä valot sytytetään ja ohjataan ylätasolle. Valot himmennetään alatasolle asetetun ajan kuluttua viimeisimmästä liikehavainnosta ja sammutetaan kokonaan, jos tämän jälkeen ei tule liikehavaintoja asetetun ajan kuluessa.

Aikojen ollessa asetettuna niin, että ylätasoa pidetään yllä lyhyen aikaa, muutamia kymmeniä sekunteja, ja alatasoa huomattavasti pidempään, useita kymmeniä minuutteja, saavutetaan suurin hyöty: säästetään energiaa ja minimoidaan loisteputkien sytytys- ja sammutuskerrat. Erillisellä langattomalla ohjelmointilaitteella voidaan muuttaa laitteen asetuksia, kuten liiketunnistuksen herkkyyttä, ylä- ja alatason valoisuutta sekä päälläoloaikoja.

2.1.2 Rakenne

TED-07 koostui kotelosta, linssistä ja kahdesta piirilevystä, niin sanotuista PIR- ja POWER-levyistä. Kuvassa 1 on TED-07:n lohkokaavio.



Kuva 1. TED-07:n lohkokaavio.

TED-07:n ytimenä toimi 8-bittinen mikro-ohjain. Liikeanturin lisäksi laitteessa oli lämpötila-anturi tämän lämpötilakompensointia varten. Infrapunavastaanotinmoduulin (IR-moduuli) kautta vastaanotettiin asetukset, ja LED toimi vasteena käyttäjän toimiin. Käyttöjännite muodostettiin kapasitiivisella teholähteellä verkkojännitteestä. Teholähteen muodostama jännite ei ollut erotettu verkkojännitteestä, joten ohjausjännite oli erikseen erotettu optoerottimella ja hakkuriteholähteen muuntajalla.

2.2 Toimeksiantajan asettamat vaatimukset

Suunnittelun kannalta merkittävin toimeksiantajan vaatimus oli helppo toteutettavuus käytettävissä olevin resurssein. Tämä oli vaikuttamassa jokaisessa ratkaisussa.

Lisäksi toimeksiantaja määritteli, että langattomalla valaisinohjaimella tuli pystyä toteuttamaan vähintään samat toiminnallisuudet kuin TED-07:ssä. Laitteen tuli myös olla liitettävissä osaksi olemassa olevaa kotiautomaatiojärjestelmää, jolla olisi muun muassa mahdollista luoda erilaisia valaistusprofiileja. Langattoman järjestelmän tuli

olla myös sovelias käytettäväksi hälytysjärjestelmien liiketunnistimissa. Muita vaatimuksia oli antennin piilottaminen kotelon sisään ja pariston tyhjenemisen ilmoittaminen.

2.3 Langattomuuden asettamat vaatimukset

Langattoman valaisinohjaimen idea oli tehdä liiketunnistusosasta erillinen langaton yksikkö ja valaisimen ohjausosasta oma yksikkönsä. Ohjausyksikkö voitiin kytkeä kiinteään sähköverkkoon sen asennuspaikan ollessa valaisimen sisässä tai välittömässä läheisyydessä, mutta liiketunnistinyksikkö tarvitsi sähkövaraston, jotta se olisi ollut täysin langaton ja siirreltävässä. Toiminta-aika varaston latausten tai vaihdon väleillä tuli saada mahdollisimman pitkäksi, sillä liian lyhyt toiminta-aika vaikuttaa negatiivisesti loppukäyttäjän käyttökokemukseen.

Langattomuuden myötä tuli ottaa huomioon myös monia muita asioita, jotka on käsitelty seikkaperäisesti luvussa kolme.

2.4 Valaisinohjaimen asettamat vaatimukset

TED-07:n asetusten muuttamismahdollisuuden vuoksi valitun järjestelmän täytyi pystyä kahdensuuntaiseen tiedonsiirtoon. Tiedonsiirtonopeudelle valaisinohjain ei kuitenkaan asettanut suuria vaatimuksia. Päälle/pois-kytkentätieto vaati vain yhden bitin ja himmennystaso kahdeksan bittiä. Tietoa tarvitsi lähettää nopeimmillaan 32 bittiä sekunnissa säädettäessä ylä- ja alatasoa.

TED-07 voi ohjata useaa valaisinta ja useampi TED-07 voi ohjata samaa valaisinta tai valaisinryhmää. Tämä täytyi onnistua myös langattomalla järjestelmällä.

Parkkihallit olivat suurimpia tiloja, joihin valaisinohjaimia asennetaan. Niissä toimintaetäisyydet voivat olla useita kymmeniä metrejä ja yksiköiden välissä on betonipylväitä ja -seiniä. Yhteyden tuli toimia tässä ympäristössä vähintään 50 metrin etäisyydellä.

2.5 Johtopäätökset vaatimuksista

2.5.1 RF-moduulit

Ainoaksi järkeväksi vaihtoehdoksi todettiin radiotaajuudella (RF) toimiva järjestelmä toimintaympäristön ja markkinoiden laitetarjonnan perusteella. Monille langattomille

järjestelmille oli tarjolla valmiita moduuleita, jotka pystytään pienellä vaivalla integroimaan mihin tahansa laitteeseen (4, 5, 6: 288). Näihin oli olemassa myös erilaisia kokeilukortteja, joilla järjestelmää pääsi nopeasti testaamaan. Tällaisten moduulien käytöllä säästetään suunnitteluun ja testaukseen kuluva aikaa (6: 288).

Langattoman järjestelmän osalta katsottiin eduksi, jos se olisi varta vasten suunniteltu kotiautomaatiokäyttöön. Jos tällaisia järjestelmiä ei olisi ollut saatavilla tai ne olisivat muuten olleet epäsoveliaita, olisi myös ollut mahdollista yhdistää langaton järjestelmä valmiiseen kotiautomaatiojärjestelmään sovittimen kautta.

TED-07:n kauko-ohjaimen toimiessa infrapunatekniikalla olisi myös se täytynyt muuntaa uudelle tekniikalle. Tämän muunnostyön tarve otettiin huomioon, mutta sen tarkastelu jätettiin toimeksiantajan suostumuksella tämän opinnäytetyön ulkopuolelle aikataulusyistä.

2.5.2 Yksiköiden toimintatavat

Liiketunnistinyksiköllä ja ohjausyksiköllä oli kolme mahdollista tapaa toimia yhdessä:

1. Liiketunnistin lähettää vain havaitsemansa liiketunnistustiedon ohjausyksikölle, joka pääättelee, mihin valaistusvoimakkuustasoon valaisin ohjataan. Liiketunnistimella on asetettavana vain liiketunnistuksen herkkyys ja ohjausyksiköllä muut.
2. Liiketunnistin pääättelee havaitsemansa liikkeen perusteella, mihin valaistusvoimakkuustasoon valaisin ohjataan, ja lähettää tämän tiedon ohjausyksikölle. Liiketunnistimella ovat asetettavana herkkyys sekä ylä- ja alatasojen päälläoloajat, ohjausyksiköllä ylä- ja alatasot.
3. Liiketunnistin pääättelee havaitsemansa liikkeen perusteella, mihin valaistusvoimakkuustasoon valaisin ohjataan, ja lähettää tätä tasoa vastaavan himmennustason ohjausyksikölle. Liiketunnistinyksiköllä olisi kaikki samat toiminnallisuudet ja asetukset kuin TED-07:llä. Ohjausyksikkö toimisi vain digitaalisten käskyjen muuntamisessa analogisiksi.

Toimintatapaa ei valittu tämän työn yhteydessä. Sen valintaan tulee vaikuttamaan se, ohjataan liiketunnistinyksiköllä ohjausyksikön lisäksi myös muita laitteita. Vaikuttavana tekijänä olisi myös liiketunnistinyksiköltä vaadittu virrankulutus: mitä vähem-

män liiketunnistinyksikkö tulee prosessoimaan tietoa ja käyttämään radioyhteyttä, sitä vähemmän se tulee kuluttamaan virtaa.

2.5.3 Käyttöjännitelähde ja virrankulutus

RF-moduulin tuli kuluttaa mahdollisimman vähän virtaa sekä toimia jännitteellä, jonka paristot tai akut antavat. Liiketunnistuselektronikan virrankulutukseen tuli myös kiinnittää huomiota ja tarvittaessa optimoida sitä vähemmän virtaa kuluttavaksi sekä mahdollisesti muuntaa toimimaan pariston tai akun antamalla jännitteellä.

TED-07:n asetusten muuttamiseen käytettiin infrapunatekniikkaa. Liiketunnistinyksikön energiankulutuksen pienentämiseksi ja rakenteen yksinkertaistamiseksi oli järkevää käyttää vain yhtä langatonta tekniikkaa.

3 LANGATTOMAT JÄRJESTELMÄT

Erilaisia järjestelmiä etsittiin alan kirjallisuudesta ja Internetistä sekä tiedusteltiin kahdelta komponenttijakelijalta, joiden kanssa toimeksiantaja teki jo yhteistyötä.

Langattomien järjestelmien lisäksi Internetin hakukoneiden avulla löytyi kirja, josta tuli merkittävä lähde koko työlle. Kirja oli Nick Hunnin kirjoittama *Essentials of Short-Range Wireless* (6), jossa hän käsitteli lyhyen matkan langattomien järjestelmien käytännön suunnittelua.

3.1 Langattomat standardit

Kirjassaan Hunn muodosti oman määritelmänsä langattomasta standardista ja keskittyy järjestelmiin, jotka täyttävät mahdollisimman pitkälle tällaisen standardin vaatimukset. Määritelmässään langattoman järjestelmän on toimittava yhteen muiden saman standardin mukaan valmistettujen laitteiden kanssa tai niillä on oltava tämän standardin määrittelemiä yhdenmukaisia rakenteita. Järjestelmän täytyy myös olla saatavana useilta eri valmistajilta, joilla on olemassa kyseiselle teknologialle vakaat ja riittävän suuret markkinat: noin 100 miljoonaa mikropiiriä toimitettuna vuosittain. Lisäksi standardin tulee olla määritelty niin tarkasti, että eri valmistajien laitteet ovat myös käytännössä yhteensopivia, eikä epäyhteensopivia laitteita päästetä markkinoille pakotteiden avulla. (6: 8–9.)

Käyttämällä laitesuunnittelussa tällaisia standardeja voitiin varmistaa langattomien mikropiirien saatavuus useammalta valmistajalta, parempi yhteensopivuus eri laitevalmistajien kesken ja vakaa suorituskkyky (6: 2). Kaikki standardin määritelmät täyttäviä järjestelmiä oli työn tekohetkellä vain kaksi: Bluetooth ja Wi-Fi. Oli kuitenkin selvää, että nämä kaksi järjestelmää eivät soveltuneet kaikkiin langattomiin sovelluksiin, joten oli tehtävä kompromisseja määritelmän suhteen ja itse arvioitava riskit huomioon ottaen mikä järjestelmä soveltuisi parhaiten omaan tarpeeseen (6: 9–10). Kuitenkin mahdollisimman standardeja järjestelmiä oli järkevää käyttää.

Hunnin määrittelyistä nähtiin tarpeelliseksi soveltaa vaatimuksia yhteensopivuudesta ja kelpoisuusohjelmasta. Käytettäväksi voitiin harkita myös sellaisia järjestelmiä, joilla ei ollut useampaa kuin yksi toimittaja, eikä pakotteita epäyhteensopiville laitteille.

Kotiautomaatiojärjestelmiin kehitetyistä tai siihen soveltuvista langattomista järjestelmistä Hunn mainitsi kirjassaan ZigBee, Bluetooth low energyn, Z-Waven ja EnOceanin (6: 7). Muita vastaavia langattomia järjestelmiä, jotka olisivat täyttäneet edellä mainitut kriteerit, ei löytynyt komponenttijakelijoilta tai Internetistä etsimällä. ZigBee ja Bluetooth low energy -moduuleille löytyi useampia valmistajia. Z-Wavella ja EnOceanilla oli yksi valmistaja. Z-Wave piirien valmistaja on etsinyt myös muita valmistajia (7), mutta niitä ei ollut tullut lisää työn tekohetkellä. Kaikilla oli kuitenkin useita kymmeniä tai satoja tukijoita, jotka käyttivät järjestelmiä tuotteissaan.

3.2 Tärkeimmät valintakriteerit

Edellä mainittujen kriteerien lisäksi valintaan vaikuttivat järjestelmän tekniikkaan liittyvät kolme tärkeintä valintakriteeriä, jotka olivat

1. yhteyden verkkorakenne
2. kantomatk, latenssi ja tiedonsiirtokapasiteetti
3. sekä turvallisuus. (6: 18.)

3.2.1 Yhteyden verkkorakenne

Langattomissa kotiautomaatiojärjestelmissä silmukaverkkorakenteella (mesh network) oli merkittäviä etuja muihin rakenteisiin nähden. Tässä verkossa yksittäiset verkon laitteet (nodes) kykenivät kommunikoimaan jokaisen verkon laitteen kanssa joko

suoraan tai muiden laitteiden kautta (6: 47). Se mahdollisti pienemmän lähetystehon käytön pitkillä matkoilla (8: 34) ja lisäsi verkon toimintavarmuutta (9).

Mainituista järjestelmistä ZigBee sekä Z-Wave käyttivät silmukkaverkkoa, Bluetooth low energy pisteestä monipisteeseen -verkkoa (piconet) ja EnOcean puuverkkoa (tree network). EnOceanilla oli kuitenkin kehitteillä silmukkaverkkoa käyttävä järjestelmä-versio.

3.2.2 Kantomatka, latenssi ja tiedonsiirtokapasiteetti

Langattoman järjestelmän kantomatka sisätiloissa oli harvoin yhtä pitkä kuin ilmoitettu kantomatka, sillä siihen vaikuttivat heikentävästi muun muassa häipyminen, häiriöt ja heijastukset. Tämän lisäksi tuli huomioda, että etäisyyden kasvaessa myös lähetysvirheet kasvavat vähentäen tiedonsiirtokapasiteettia ja pidentäen latenssia. (6: 25)

Ohjattaessa valaistusta liiketunnistimin langattoman järjestelmän latenssi ei saanut ylittää 0,3 sekuntia (määritelty toimeksiantajan tekemillä testeillä). Mitä enemmän latenssi tästä kasvaa, sitä todennäköisemmin päädytään ei-toivottuun tilanteeseen, jossa henkilö alkaa etsiä katkaisinta valojen päälle kytkemiseen.

Ilmoitettujen tietojen perusteella jokainen mainituista langattomista järjestelmistä täytti vaatimukset latenssista, kantomatkasta ja tiedonsiirtokapasiteetista. Tarkasteltaessa kahden laitteen välistä yhteyttä oli kuitenkin todennäköistä, että langattoman valaisinohjaimen vaativimmissa asennuskohteissa, parkkihalleissa, kantomatka voi jäädä liian lyhyeksi tai yhteys ei toimisi luotettavasti. Oli ilmeistä, että parkkihallien raudoitettu betonirakenne matalilla kerroskorkeuksilla ja pylväillä aiheuttaa häipymistä ja heijastuksia (10: 2).

Silmukkaverkossa oli mahdollista lisätä reitittäviä laitteita yhteysvälille ja näin lisätä kantomatkaa ja parantaa yhteyttä myös jälkeen päin. Näiden ominaisuuksien vuoksi päädyttiin harkitsemaan silmukkaverkkoa sillä hetkellä käyttäviä järjestelmiä, jotka olivat ZigBee ja Z-Wave.

Yksi kantomatkaan ja häiriönsietoon vaikuttavista tekijöistä oli käytetty radiotaajuusalue. Tarkastelussa olleet järjestelmät käyttivät Euroopassa vapaaseen käyttöön hyväksytyistä joko 868 MHz:n tai 2,4 GHz:n taajuusalueita. 868 MHz:n taajuuden ollessa matalampi se läpäisee esteet paremmin kuin 2,4 GHz:n taajuus ja siten tarvitsee vähemmän lähetystehoa (11: 4, 6: 150). Myös häiriöiden kannalta 868 MHz:n taajuus-

alueen käyttö oli perusteltua; muun muassa yleiset Wi-Fi- ja Bluetooth-laitteet käyttävät 2,4 GHz:n taajuusaluetta ja aiheuttavat merkittävää häiriötä toisille samaa taajuusaluetta käyttäville eri järjestelmien laitteille (12: 22, 6: 151).

Z-Wave käytti pääsääntöisesti 868 MHz:n taajuusaluetta ja lisäksi oli mahdollista käyttää 2,4 GHz:n taajuusaluetta viimeisimmästä ZW0401-piiriversiosta lähtien (13). Tarjolla olleet ZigBee-moduulit käyttivät pääasiassa 2,4 GHz:n taajuusaluetta, mutta myös 868 MHz:n taajuusalueella toimivia oli tarjolla (6: 150). Bluetooth low energy käytti ainoastaan 2,4 GHz:n taajuusaluetta (6: 180) ja EnOcean 868 MHz:n alueen lisäksi 315 MHz:n taajuusaluetta (14), joka ei kuitenkaan ollut käytettävissä Euroopassa.

2,4 GHz:n taajuusalue oli käytettävissä globaalisti, mutta 868 MHz taajuusalueen käytölle oli rajoitteita eri maissa (6: 150). Nämä rajoitteet eivät kuitenkaan olleet valinnan kannalta merkittäviä, sillä monissa maissa, muun muassa USA:ssa, missä 868 MHz ei ollut käytettävissä, voitiin käyttää 908 MHz:n taajuusaluetta (15). Tällä taajuusalueella saavutettiin samat hyödyt, ja sekä Z-Wave- että ZigBee-moduulit kykenivät sitä käyttämään.

Käytettäessä liiketunnistinta hälytysjärjestelmissä oli yhteyden salaushetvähollisuus merkittävä etu. Jokaisessa mainitussa langattomassa järjestelmässä oli mahdollista käyttää jonkin tasoista salausta.

3.2.3 Muut kriteerit ja johtopäätökset

Tähän mennessä esiteltyjen vaatimusten mukaisia langattomia järjestelmiä löytyi kaksi: ZigBee ja Z-Wave. Valintaan näiden välillä vaikuttivat kehityskustannukset ja muiden valmistajien laitteiden saatavuus.

Järjestelmien mukaisten langattomien moduulien käyttäminen omissa laitteissa vaati liittymisen kyseistä järjestelmää ylläpitävään liittoumaan. Molemmilla liittoumilla oli vuotuinen jäsenmaksu, jonka maksamalla sai käyttöönsä muun muassa protokollamääritykset ja oikeuden käyttää järjestelmän logoa markkinoinnissaan. Tämän lisäksi jokaisen järjestelmää käyttävän laitteen yhteensopivuuden varmistaminen maksoi tietyn summan ja kehitystyökalut maksoivat osansa.

Z-Wave Alliancen jäsenmaksusta, joka oli jo pienempi kuin ZigBee Alliancen, oli pienten yritysten mahdollista saada alennusta. Toisaalta ZigBee-laitteiden yhteensopi-

vuoden varmistaminen ensimmäisen laitteen jälkeen oli puolet edullisempaa kuin Z-Wave-laitteiden. ZigBee-laitteiden kehitystyökalut olivat myös merkittävästi edullisempia kuin Z-Wave-laitteiden.

Parhaimman kuvan maksujen kokonaismäärästä sai, kun laski maksut useammalle laitteelle muutaman vuoden ajalle. Tällöin maksuille ei tullutkaan merkittävää eroa. Ratkaisevaksi asiaksi jäi muiden valmistajien yhteensopivien laitteiden saatavuus.

ZigBeen laitetarjonnan ongelmana oli useammat epäyhteensopivat järjestelmäversiot (6: 161). Kuluttaja ei voinut mennä kauppaan, ostaa ZigBee-laitetta ja olla varma, että se olisi yhteensopiva jo omistamansa ZigBee-laitteen kanssa. Z-Wave-laitteita sen sijaan oli kuluttajan ostettavissa, ja kaikki laitteet olivat yhteensopivia eri järjestelmäversioista huolimatta (12: 5). Soveliain langaton järjestelmä langattomaan valaisinohjaimen katsottiin olevan Z-Wave.

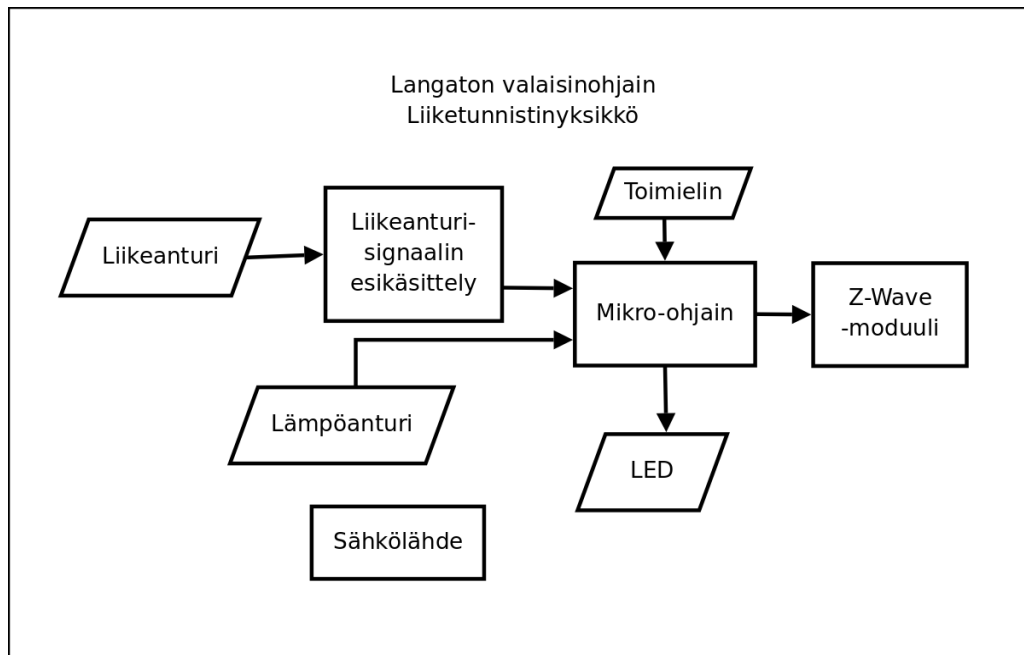
Liiketunnistinyksikkö tarvitsi 1–10 voltin jännitteen antavan Z-Wave-laitteen ohjattavakseen, mutta niitä ei kuitenkaan löytynyt muuta kuin yksi ZigBeellä toimiva. Toimeksiantajalla oli kuitenkin mahdollisuus ensin suunnitella vain liiketunnistinyksikkö, jota voi käyttää Z-Wave-himentimien kanssa, ja jälkikäteen suunnitella myös 1–10 voltin jännitteen antavan ohjausyksikön.

4 LANGATON VALAISINOHJAIN

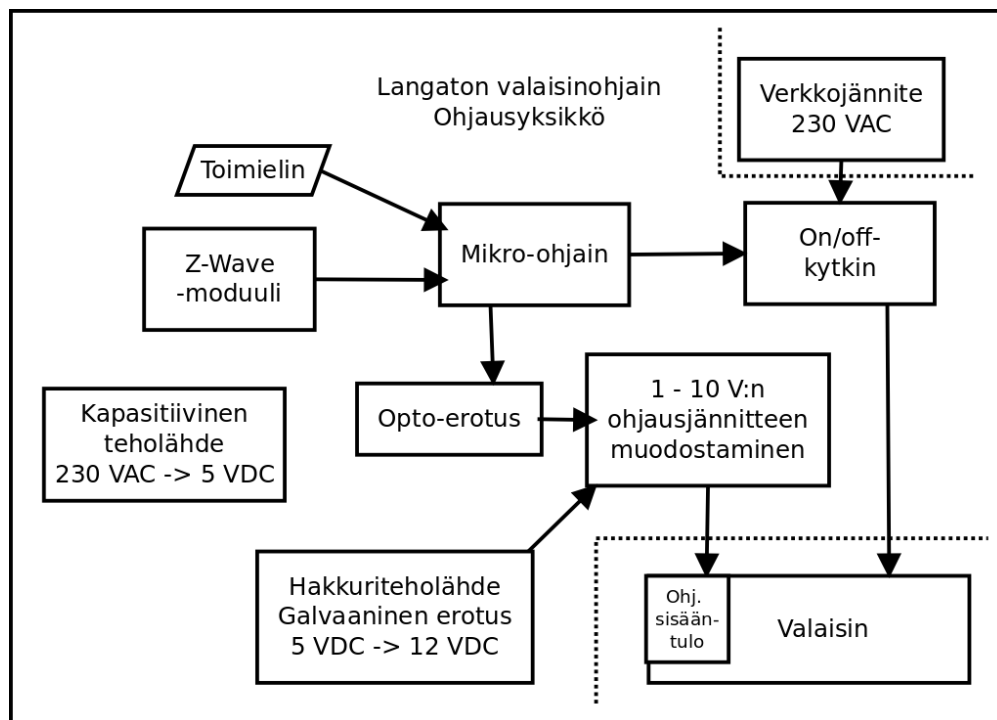
Tässä luvussa esitetään langattoman valaisinohjaimen periaatteellinen lohkokaavio ja toimeksiantajalle annetut ehdotukset näiden lohkojen toteuttamiseksi.

4.1 Lohkokaavio

Kuvissa kaksi ja kolme esitetään liiketunnistinyksikön ja ohjausyksikön lohkokaaviot. TED-07:n lohkot jaettiin kahteen eri yksikköön ja näiden lisäksi oli tullut Z-Wave-moduuli ja toimielin. Liiketunnistinyksikköön oli lisäksi tullut uusi sähkölähde.



Kuva 2. Liiketunnistinyksikön lohkokaavio.



Kuva 3. Ohjausyksikön lohkokaavio.

Z-Wave-moduulissa olevaan mikro-ohjaimeen oli mahdollista sisällyttää myös omia ohjelmia. Tähän kuitenkin olisi pitänyt ostaa arvokas kehitysohjelmisto, ja olemassa oleva TED-07:n ohjelma olisi pitänyt muuntaa tälle mikro-ohjaimelle. Moduulin mikro-ohjaimessa oli mahdollista käyttää valmiita ohjelmia, jotka käyttivät sarjaliikennettä keskustellakseen muiden mikro-ohjaimien kanssa. Tämä vaihtoehdon käyttäminen katsottiin olevan järkevää tämän muunnostyön ollessa kyseessä.

TED-07:n käyttämässä mikro-ohjaimessa sarjaliikenneohjainta (UART) ei kuitenkaan ollut. Tilalle etsittiin tämän sisältävä ohjain samasta mikro-ohjainperheestä, jotta ohjelmamuutoksia tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän. Liiketunnistinyksikössä oli mahdollista käyttää vain hieman erilaista ohjainta, jossa PWM-ohjaimen sijasta oli UART. Ohjausyksikössä kuitenkin tarvittiin myös PWM-ohjainta. Molemmat ohjaimet sisältävä saman ohjainperheen 8-bittinen mikro-ohjain löytyi. Tämä osoittautui sekä toimivan pienemmällä käyttöjännitteellä (1,8 V) että olevan edullisempi kuin TED-07:ssä käytetty ohjain, joten sitä suositeltiin käytettäväksi molemmissa yksiköissä.

Z-Wave-laitteet tarvitsivat toimielimen (actuator) muun muassa verkkoon liittymiseen ja laiteparien muodostamiseen. Toimielin pystyi olemaan mikä tahansa käyttäjän aikaansaama toiminto, esimerkiksi fyysinen painike tai käyttöliittymän valikon toiminto. Tällainen toimielin tuli lisätä sekä liiketunnistin- että ohjainyksikköön.

Muut ohjausyksikön lohkot eivät tarvinneet välttämättömiä muutoksia. Liiketunnistinyksikön lohkoista sen sijaan jokaiseen oli tehtävä muutoksia virrankulutuksen minimoimiseksi.

4.2 Toiminta-ajan optimointi

Toimiakseen useampia vuosia pelkillä paristoilla laitteen tulee käyttää virtaa muutamia satoja mikroampeereja tai vähemmän. Vertailuesimerkkinä käytettiin AA-kokoista litiumparistoa, jonka kapasiteetti on 3000 mAh (16). Sen itsepurkautuvuus määrittää sille 15 vuoden käyttöiän, jonka jälkeen sen kapasiteetista on jäljellä 90 %. Jotta laite toimisi tämän 15 vuotta, tulisi sen kuluttaa virtaa keskimäärin noin 20,5 μA . Kolme vuotta toimiakseen kulutus tulisi olla noin 111,9 μA .

Paras vaihtoehto oli kuitenkin luopua kokonaan paristojen käytöstä. Tämän mahdollisti energiankeräin. Yksi mahdollisista tekniikoista tässä tapauksessa oli aurinkokenno. Niillä oli nykytekniikalla tuotettavissa tehoa noin 10 mW/cm² suorassa auringon paisteessa ja valaistussa toimistossa noin 100 $\mu\text{W/cm}^2$. 25 cm² paneelilla saisi valaistussa toimistossa 2,5 mW, jolloin 3 V:n käyttöjännitteellä virtaa saataisiin noin 833 μA . Jatkuvasti tällaistaakaan virtaa ei paneelistakaan ollut saatavilla valoisuuden vaihtelujen vuoksi, ja siksi paneelin tuottama teho oli varastoitava joko superkondensaattoriin, litiumioniakkuun tai ohutkalvoakkuun. (17: 38–41, 6: 261.) Näin pieniin virrankulutuksiin pääsemiseksi täytyi kaikkien komponenttien olla mahdollisimman vähän virtaa kulut-

tavia, pienellä jännitteellä toimivia sekä olla lepotilassa mahdollisimman usein ja pitkään (6: 257).

Kytkeäntöjen optimointiin haettiin ratkaisuja etsimällä pienellä jännitteellä ja virralla toimivia komponentteja sekä simuloimalla liiketunnistinelektroniikan kytkeäntää erilaisilla virrankulutuksen vähentämiseen tähtäävillä muutoksilla. Simulointiin käytettiin LTSpice IV -ohjelmaa.

4.2.1 Vähävirtaiset komponentit

TED-07:ssä käytetyn mikro-ohjaimen kaikki saman ohjainperheen ohjaimet olivat jo valmiiksi vähän virtaa kuluttavia ja niissä oli mahdollista käyttää edistyneitä lepotilaja. Tämän vuoksi ei ollut tarvetta etsiä toisenlaisia mikro-ohjaimia.

Liikeanturin esikäsitteilykytkennässä käytössä ollut operaatiovahvistin kulutti noin 400 μA dokumentaation tietojen mukaan, eikä sitä pystynyt kytkennän luonteen vuoksi kytkemään lepotilaan. Oli siis etsittävä huomattavasti vähemmän kuluttava operaatiovahvistin. Sellaisia löytyikin, jotka käyttävät enintään 50 μA virtaa. Simuloimalla TED-07:n alkuperäistä ja uutta esikäsitteilykytkentää viiden voltin käyttöjännitteellä virrankulutus oli molemmilla keskimäärin 80 μA , uudella muutaman mikroampeerin enemmän. Kolmen voltin käyttöjännitteellä TED-07:n kytkennän virrankulutus nousi 121 μA :iin, mutta uuden kytkennän virrankulutus väheni muutamalla mikroampeerilla. TED-07:ssä käytetyn operaatiovahvistimen nimellinen käyttöjännite tuli olla kolmesta voltista ylöspäin. Kuitenkin simuloimalla 2,2 V:lla kytkentä vielä toimi ja virrankulutus nousi edelleen 137 μA :iin. Uuden kytkennän virrankulutus puolestaan tippui edelleen muutamalla mikroampeerilla.

Liikeanturi ei itsessään kuluttanut virtaa, vaan sen ulostuloon liitetty alavetovastus määräsi sen läpi kulkevan virran, joka TED-07:n tapauksessa oli 13,7 μA . Tämä voitiin kytkennän optimoinnilla vähentää noin 1,1 μA :iin. Tehonkulutuksen kannalta ero oli vieläkin merkittävämpi kytkentöjen eri käyttöjännitteiden vuoksi (5,0 V ja 2,2 V).

Lämpötilan mittausta oli toteutettu TED-07:ssä tavallisella NTC-vastuksella. Käytetty kytkentä ei ollut sovelias paristokäyttöön sen kuluttaessa virtaa 16–167 μA lämpötilasta riippuen. Vaikka oli mahdollista kytkeä jännite pois kytkennältä tilan lukujen välillä, tuli sen virrankulutusta silti vähentää. Tämä voitiin tehdä käyttämällä nimellis-

resistanssiltaan suurempaa NTC-vastusta, jolloin virrankulutus tippui 0,33–4,87 mikroampeeriin.

TED-07:ssä käytetty LED kulutti loistaessaan 1,5 mA virtaa. Sen lisäksi, että sen tilalle tuli vaihtaa vähemmän virtaa kuluttava LED, voitiin merkinannon virrankulutusta pienentää esittämällä yksi merkinanto tiheällä LED:n vilkuttamisella. Virrankulutuksen optimointitarve tuli erityisesti huomioida ylä- ja alatasojen säätötilassa, jossa TED-07 pitää LED:n jatkuvasti päällä.

Toimielimeksi valittaessa mekaaninen painike voitiin sen pieni virrankulutus varmistaa käyttämällä tarpeeksi suurta etuvastusta. Jos koteloon ei haluttaisi tehdä painikkeelle reikää, voitiin harkita kapasitiivisen painikkeen käyttöä. Tällaisten painikkeiden ohjauspiirejä oli integroituna joihinkin mikro-ohjaimiin. Piirit voitiin kytkeä päälle ja pois tarvittaessa. Vaihtoehtojen virrankulutusta ja muita ominaisuuksia tuli vertailla lisää ennen valinnan tekemistä.

Z-Wave moduuli oli suunniteltu mahdollisimman vähän virtaa kuluttavaksi. Sen keskimääräiseksi virrankulutukseksi virransäätötiloja käyttämällä oli ilmoitettu 30 μA (sisältää radiolähettimen käytön). (13).

4.2.2 Käyttöjännitteen alentaminen

Kaikkien TED-07:n toimintalohkojen komponenttien pienin mahdollinen käyttöjännite selvitettiin. Liikeanturin esikäsittelykytkennän operaatiovahvistin tarvitsi kaikkein suurimman käyttöjännitteen (3 V). Seuraavaksi suurimman tarvitsi itse liikeanturi (2,2 V). Z-Wave-moduuli toimi alimmillaan 2,1 voltin jännitteellä ja mikro-ohjain tarvitsi 2,0 V. LED:n kynnysjännite vaihteli sen läpi kulkevan virran mukaan; virran allessa myös jännite aleni. Käytössä olevan LED:n kynnysjännite 1,5 mA:n virralla oli noin 1,8 V. Lämpöanturin ollessa NTC sen käyttöjännitteellä ei näin pienillä jännitteillä ollut väliä.

Z-Wave-moduulin alin käyttöjännite otettiin ensin tavoitteeksi koko laitteen käyttöjännitteeksi. Kuitenkin liikeanturin käyttöjännite oli vain 0,1 V korkeampi, eikä muuta tarvetta sen vaihtamiseksi ollut, joten oli järkevää asettaa tavoitteeksi sen käyttöjännite.

Operaatiovahvistimen joutuessa muutenkin vaihtoon etsittiin sen tilalle 2,2 V:n jännit-

teellä toimiva vahvistin. Muita komponentteja ei tarvinnut käyttöjännitteen vuoksi harkita vaihdettavaksi.

4.2.3 Lepotilat

Liikeanturi ja sen signaalin esikäsittelykytkentä täytyivät olla jatkuvasti päällä, mutta muut lohkot pystyivät mennä tarvittaessa lepotilaan tai niiltä voitiin kytkeä käyttöjännite pois mittausten väleillä. Vasta esikäsittelykytkennän antaman jännitteen muuttuessa riittävästi tarvitsee mikro-ohjaimen herätä käsittelemään signaalia. Tämän arveltiin olevan mahdollista toteuttaa käyttämällä mikro-ohjaimen omaa vertailukytkentää (comparator), joka kykeni keskeytyksen kautta herättämään muut mikro-ohjaimen osat. Tämän tavan soveltuvuus ohjeistettiin kuitenkin varmistamaan tarkemmilla tutkimuksilla jatkokehityksessä. Toinen, mutta enemmän virtaa kuluttava, tapa oli herättää mikro-ohjain tietyin väliajoin tarkistamaan esikäsittelykytkennän tila A/D-muuntimella, jota TED-07:ssä käytettiin signaalin seuraamiseen.

Mikro-ohjaimen tuli herätä myös toimielintä käytettäessä ja UART-liitännän vastaanottaessa tietoa. Näistä mikro-ohjain pystyi saamaan tiedon keskeytyksien kautta. Lämpötilan mittaustiheydeksi riitti noin yksi minuutti. Mittausvälin pystyi määrittämään mikro-ohjaimen keskeytyksen antavalla ajastimella ja mittaus tapahtui A/D-muuntimen avulla, kuten ennenkin.

Z-Wave-moduulissa oli myös käytettävissä eritasoisia lepotiloja. Normaalissa toimintatilassa ilman radiolähettimen käyttöä moduuli kulutti 7 mA. Tilassa, jossa RAM-muistin sisältö säilyi, moduuli kulutti vain 3 μ A. Laitettaessa myös RAM-muisti lepotilaan moduuli kulutti enää 1 μ A.

Toiminta-ajan pidentämiseen tarkoitettujen ratkaisujen vaikutusta lopulliseen toiminta-aikaan ei ollut järkevää lähteä arvioimaan niiden ollessa vain suuntaa-antavia. Z-Wave-moduuli antoi hyvän lähtökohdan pyrittäessä toteuttamaan yli vuoden paristoilla toimivaa langatonta valaisinohjainta.

4.3 Muuta huomioon otettavaa

Muita vaatimuksia langattomalle valaisinohjaimelle oli antennin integroiminen kotelon sisään ja pariston tyhjenemisen ilmaisu. Nämä oli mahdollista toteuttaa Z-Wave-moduulilla.

Tämän selvitystyön pohjalta toimeksiantajan tuli jatkaa kehitystyötä muun muassa rakentamalla simuloitua kytkennät, mittaamalla niiden virrankulutuksen ja vertaamalla tuloksia simuloituihin tuloksiin. Liiketunnistinyksikön mikro-ohjaimen ohjelmaan tulisi panostaa erityisesti, jotta laitekokonaisuuden virrankulutus saataisiin mahdollisimman pieneksi. Olisi myös selvitettävä muita ratkaisuja toiminta-ajan pidentämiseen ja vertailtava niitä tarpeeksi kattavilla testeillä. Laitetta koskevista standardeista ja muista alueellisista määräyksistä sekä patenteista tulisi ottaa selvää ennen muita jatkotoimenpiteitä.

5 TESTIKYTKENTÄ

5.1 Liikeanturin esikäsittelykytkentä

Liikeanturin esikäsittelykytkennästä tehtiin uusilla komponenteilla testikykentä, jonka sähkölähteenä käytettiin 3 V:n CR2032-paristoa. Kytkentä todettiin toimivaksi, mutta ajan puutteen vuoksi sen virrankulutusta ja muita suoritusarvoja ei ehditty mitaamaan.

5.2 Z-Wave kokeilualusta

Z-Wave-järjestelmän testaamiseen oli kaksi vaihtoehtoa: ostaa joko rajoittunut kokeilualusta tai täydellinen kehitysalusta. Kokeilualusta sisälsi kaksi langatonta laitetta, joista toinen vastasi himmennettävää valaisinta, näyttäen valaistuksen tason kolmella LED:llä, ja toinen ohjainta. Ohjainlaitteen pystyi liittämään RS-232-liitännän kautta tietokoneeseen, jolle pystyi asentamaan ohjelmistot verkon hallintaa ja valaisimen ohjausta varten. Tietokone keskusteli ohjainkortin kanssa sarjaliikenteen kautta yksinkertaisella API:lla, joka ei ollut sama kuin varsinaisessa kehitysalustassa. Kokeilualusta oli edullinen suhteessa kehitysalustaan, joten se tilattiin testikykentää varten.

Ajan puutteen vuoksi liiketunnistinelektroniikkaa ja kokeilualustan ohjainkorttia ei kuitenkaan yritetty yhdistää. Kokeilualusta oli suunniteltu käytettäväksi vain tietokoneen asennettujen ohjelmistojen kanssa, ja mikro-ohjaimen kanssa toimiakseen olisi tutkimustyötä täytynyt tehdä suhteellisen paljon. Alustan mukana tulleista tietokone-ohjelmistoista ja oppaista pystyi näkemään minkälaisia käskyjä Z-Wave-laitteet lähettivät keskenään ja saamaan yleiskuvan, millä tavalla verkon laitteet keskustelivat keskenään.

6 YHTEENVETO

6.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selvitys toimenpiteistä TED-07-valaisinohjaimen muuntamiseksi langattomaksi. Langattomaksi järjestelmäksi valittiin Z-Wave, joka soveltui käytettäväksi niin valaisinohjaimessa kuin hälytysjärjestelmien laitteissa. Laitteen toimintalohkojen muutostarpeet selvitettiin ja niille löydettiin toteutusvaihtoehtoja. Erityisesti liiketunnistinyksikön virrankulutukseen tähtääviä vaihtoehtoja selvitettiin. Kaikkia löydettyjä energiansäästöön liittyviä innovaatioita ei kuitenkaan tässä raportissa esitetty salassapitovelvoitteiden vuoksi. Samasta syystä ei esitetty mitään kytkentöjä tai komponenttien tyyppejä.

Vaadittua testikytkentää ei saatu tehtyä ajan puutteen ja Z-Wave-testialustan ominaisuuksien vuoksi. Liikeanturin esikäsittelyelektroniikasta, joka on merkittävä osa kokonaisytkentää, saatiin kuitenkin toimiva testikytkentä aikaiseksi. Toisaalta kaikkien muutosehdotusten mukaan tehty testikytkentä olisi vaatinut hyvin paljon työtä, varsinkin mikro-ohjaimien ohjelmien suunnittelu ja laatiminen.

Haastavin osuus työssä oli langattoman järjestelmän valinta. Hyvän lähdekirjan (6) löytyessä valinnan tekeminen kuitenkin helpottui merkittävästi. Sen esittämiä valintakriteereitä ei sellaisinaan sovellettu, vaan suhteutettiin ne toimeksiantajan vaatimuksiin.

6.2 Havaittuja puutteita

Valitun langattoman järjestelmän soveltuvuutta hälytysjärjestelmälaitteisiin tarkasteltiin liian suppeasti verrattuna asian tärkeyteen. Asiassa luotettiin siihen, että järjestelmän suunnittelijat ovat huomioineet turvallisuusasiat riittävästi; järjestelmään mainostetaan hälytysjärjestelmiin soveltuvaksi. Tällä ratkaisulla pyrittiin säästämään aikaa.

Laitteen mekaaniseen rakenteeseen kohdistuvia muutoksia ei käsitelty juuri ollenkaan. Todettiin vain antennin olevan integroitavissa kotelon sisään ja ettei koteloon tarvitse välttämättä tehdä reikää toimielintä varten.

Mittauksia olisi voinut tehdä huomattavasti enemmän toteutustapaehdotusten toimivuuden varmistamiseksi käytännössä. Nyt niiden toimivuus jäi simuloinnin, yhden

testikytken ja aiemman kokemuksen varaan. Mikro-ohjaimien ohjelmamuutosten testaaminen tosin olisi vaatinut niin paljon työtä, että se ei olisi ollut mielekästä työn päätehtävän ollessa selvitys tarvittavista muutoksista.

7 PÄÄTELMÄT

Tämä selvitystyö antaa viitteet sille, että myös pienillä resursseilla toimivat elektronikkavalmistajat pystyvät suunnittelemaan ja tuomaan markkinoille kiinteistöautomaation langattomia laitteita. Toteuttaakseen tämän tulee niiden käyttää tietynlaisen langattoman järjestelmän moduuleita ja perehtyä syvällisesti laitteiden virrankulutukseen.

Langattoman järjestelmän valinta tehtiin täysin toimeksiantajan lähtökohdista käsin, jolloin tulokseen vaikuttivat myös muutkin kuin järjestelmän tekniset ominaisuudet. Useampi järjestelmä oli teknisiltä ominaisuuksiltaan edistyksellinen ja mahdollisesti soveltuva käytettäväksi jossain toisessa sovelluksessa, ehkä myös jossain muussa toimeksiantajan laitteessa.

Yksi jo työn lähdemateriaaleista nouseva hyvin mielenkiintoinen sovellusryhmä, joka antaa kilpailuetua näillä markkinoilla, on energiankeräimet. Näillä voidaan korvata paristot kokonaan, jos laitteen asennuspaikka on sovelias tekniikoiden käyttämiseen. Keräimien käyttömahdollisuuksia kannattaa tutkia kaikenlaisissa langattomissa antureissa ja muissa laitteissa.

LÄHTEET

1. Miljooniin suomalaiskoteihin älykkäät etäluettavat sähkömittarit. 2009. Tietokone lehden verkkopalvelu. Saatavissa:
http://www.tietokone.fi/uutiset/2009/miljooniin_suomalaiskoteihin_alykkaat_etaluettavat_sahkomittarit [viitattu 2.12.2010].
2. Sävel Plus -raportointipalvelu. 2010. Helsingin Energia. Saatavissa:
<http://helen.fi/palvelut/savelplus.html> [viitattu 2.12.2010].
3. Halonen L., Tetri E. & Bhusal P. 2010. Guidebook on Energy Efficient Electric Lightning for Buildings. Espoo: Aalto University School of Science and Technology. Saatavissa:
http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_45_Guidebook.pdf [viitattu 1.12.2010].
4. Wireless Technologies. 2010. Rutronik Electronic Components GmbH. Saatavissa:
<http://www.rutronik.com> [viitattu 2.11.2010].
5. Wireless & RF – RF Modules & Solutions. 2010. Future Electronics. Saatavissa:
<http://www.futureelectronics.com> [viitattu 1.12.2010].
6. Hunn, N. 2010. Essentials of Short-Range Wireless. New York: Cambridge University Press.
7. Z-Wave Converges With TCP/IP To Create A New Global Standard. 2007. Z-Wave Alliance. Saatavissa: <http://www.z-wave.com/modules/iaCM-ZW-PR/readMore.php?id=178257920> [viitattu 3.12.2010].
8. Rabaey J. M. 2003. Ultra-low Power Computation and Communication enables Ambient Intelligence. Saatavissa: <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/People/Faculty/jan/presentations/AmbientIntelligence.pdf> [viitattu 1.12.2010].
9. The benefits of 802.11s wireless mesh nets. 2006. Techworld-verkkopalvelu. Saatavissa:
<http://features.techworld.com/mobile-wireless/4129/the-benefits-of-80211s-wireless-mesh-nets/> [viitattu 1.12.2010].
10. Anders A. 2008. EnOcean Wireless Systems – Range Planning Guide. Saatavissa:
http://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/WP_RANGE_PLANNING_Jun09_en.pdf [viitattu 1.12.2010].
11. Heller W. & Schmidt F. 2006. Radio sensors powered by ambient energy: From strange ideas to mass market products. Saatavissa:

http://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/wp_radio_sensors_en.pdf [viitattu 1.12.2010].

12. Zensys, Inc. 2007. RF Control with Z-Wave – The Future of Remotes. Saatavissa: <http://zen-sys.com> [viitattu 1.12.2010].

13. ZM4101 Module / ZW0401 Single Chip Data Sheet. . Zensys Inc. Saatavissa: <http://www.zen-sys.com> [viitattu: 1.12.2010].

14. Energy Harvesting Wireless Sensor Solution. 2010. EnOcean GmbH. Saatavissa: <http://www.enocean.com/en/energy-harvesting-wireless/> [viitattu 2.12.2010].

15. Z-Wave Frequency Coverage. 2010. Sigma Designs, Inc. Saatavissa: http://www.sigmadesigns.com/zwave_frequency_coverage.php [viitattu 2.1.2010].

16. Product Datasheet: Energizer L91. 2010. Energizer Holdings, Inc. Saatavissa: <http://data.energizer.com/PDFs/l91.pdf> [viitattu: 1.12.2010].

17. Snellman H. Sähköenergiaa ympäristöstä. 2010. Prosessori 10/2010.